



#4

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takashi TAKEUCHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: 09/778,071

EXAMINER:

FILED: February 7, 2001

FOR: ULTRASONIC PROBE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2000-029309	February 7, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)
  - ☐ are submitted herewith
  - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.  
Registration No. 26,803



22850

09/778,071



本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 2月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-029309

出 願 人

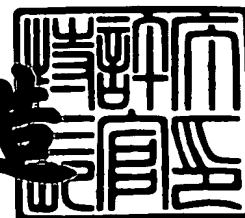
Applicant (s):

株式会社東芝

2001年 1月26日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3002128

【書類名】 特許願

【整理番号】 A009905941

【提出日】 平成12年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04R 17/00

【発明の名称】 超音波プローブ及び超音波プローブ製造方法

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番の 1 株式会社東芝那須工場内

    【氏名】 武内 俊

【特許出願人】

    【識別番号】 000003078

    【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

    【識別番号】 100058479

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 鈴江 武彦

    【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

    【識別番号】 100084618

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

    【識別番号】 100068814

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波プローブ及び超音波プローブ製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくともチタン酸鉛を含む固溶系単結晶により形成された圧電体と、前記圧電体の上面に形成され当該圧電体よりも音響インピーダンスが小さな上面樹脂層、若しくは、前記圧電体の下面に形成され当該圧電体よりも音響インピーダンスが小さな下面樹脂層の少なくとも一方と、から成る 1-3 型若しくは 2-2 型複合圧電体により形成された超音波振動素子であって、

前記上面樹脂層若しくは前記下面樹脂層の少なくとも一方は、良好な切削性且つ導電性を備え、電極として機能する超音波振動素子を具備すること、

を特徴とする超音波プローブ。

【請求項 2】 前記上面樹脂層若しくは前記下面樹脂層の少なくとも一方は、 $2 \times 10^6 \text{ g/m}^2 \text{ s}$  乃至  $10 \times 10^6 \text{ g/m}^2 \text{ s}$  の音響インピーダンスを有し音響整合層としての機能することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波プローブ。

【請求項 3】 少なくともチタン酸鉛を含む固溶系単結晶により形成され、二次元的に配列された複数の圧電体と、前記複数の圧電体のそれぞれの上面に形成され、前記圧電体よりも音響インピーダンスが小さな複数の上面樹脂層と、前記複数の圧電体の下面に一体として形成され当該圧電体よりも音響インピーダンスが小さな下面樹脂層と、から成る 1-3 型若しくは 2-2 型複合圧電体により形成された超音波振動素子を具備することを特徴とする超音波プローブ。

【請求項 4】 少なくともチタン酸鉛を含む固溶系圧電単結晶を形成する第 1 のステップと、

圧電単結晶の上下面の少なくとも一方に前記固溶系圧電単結晶よりも音響インピーダンスが小さな樹脂層を形成する第 2 のステップと、

圧電単結晶と前記の樹脂層とを切り込み複数の溝を形成する第 3 のステップと、

前記複数の溝へ樹脂を充填する第 4 のステップと、

を具備することを特徴とする超音波プローブ製造方法。

【請求項 5】 前記第 2 のステップにおいて、前記複数の溝は格子状に形成することを特徴とする請求項 5 記載の超音波プローブ製造方法。

【請求項 6】 前記超音波プローブ製造方法は、前記樹脂層を研磨して取り除く第 5 のステップを具備することを特徴とする請求項 6 記載の超音波プローブ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波診断装置や超音波治療装置等に用いられる超音波プローブと、当該超音波プローブ製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

超音波プローブは、圧電体を主体として構成され、超音波を対象物に向けて照射し、その対象物における音響インピーダンスの異なる界面からの反射波を受信することにより、対象物の内部状態を画像化するために用いられる。このような超音波プローブが採用された超音波画像装置として、例えば、人体内部を検査するための医用診断装置や金属溶接内部の探傷を目的とする検査装置等が存在する。

【0003】

この医用超音波画像装置である超音波診断装置では、人体の断層像（Bモード像）に加え、超音波の血流によるドブラシフトを利用して血流の速度を 2 次元でカラー表示するカラーフローマッピング（CFM）法や、二次高調波を画像化したティッシュハーモニックイメージング（THI）法等の撮影技術が開発されている。超音波プローブは、これら種々の撮影方法に応じた形態を有し、人体のあらゆる臓器器官に関する超音波の送受信を可能にしている。

【0004】

一般に超音波診断装置に使用される超音波プローブには、高分解能の画像が、高感度に得られることが要求さる。これは、診断対象の深部まで明瞭に表示可能な画像により、小さな病変や空隙を発見できるようにするためである。近年、そ

の方法の一つとして、センサー部分である超音波プローブをさらに高感度化、広帯域化することが考えられている。

## 【 0 0 0 5 】

上述した高感度化、広帯域化を達成するために、圧電体柱や圧電体粉を樹脂に埋め込んだ構成などの複合圧電体が研究されている。例えば、特公昭 5 4 - 1 9 1 5 1、特開昭 6 0 - 9 7 8 0 0、特開昭 6 1 - 5 3 5 6 2、特開昭 6 1 - 1 0 9 4 0 0 など、製造方法として特開昭 5 7 - 4 5 2 9 0、特開昭 5 8 - 2 1 8 8 3、特開昭 6 0 - 5 4 6 0 0、特開昭 6 0 - 8 5 6 9 9、特開昭 6 2 - 1 2 2 4 9 9、特開昭 6 2 - 1 3 1 7 0 0 等にその構造が提案されている。

## 【 0 0 0 6 】

これらに開示されている複合圧電体を使用した超音波プローブは、音響インピーダンスが低下して生体のインピーダンスに近づくこと、1-3型や2-2型などの構成では電気機械結合係数が薄板の場合に比べて増加すること等のメリットを有している。これは、複合圧電体は、誘電率が大きく電気機械結合係数  $k_{33}$  も大きい P Z T 系圧電セラミックを主として用いているからである。

## 【 0 0 0 7 】

一方、複合圧電体を使用した超音波プローブは、樹脂を含むことによる誘電率低下に比べて電気機械結合係数の向上が小さいという問題も有している。従って現実には、複合圧電体は、素子面積が大きいシングル型メカニカルプローブやアニュラアレイ等に用いられているのみである。そこで、 $k_t$  に比べ  $k_{33}$  が飛躍的に高い固溶系圧電単結晶を用いることでこの問題を解決しようという試みもなされている。（特開平 0 9 - 8 4 1 9 4）

## 【 0 0 0 8 】

## 【発明が解決しようとする課題】

高感度、広帯域の超音波プローブを実現するためには、図 4 に示したアレイ状プローブ 2 8 のように、固溶系圧電単結晶 3 2 と樹脂 3 4、3 6 との複合圧電体 3 0 を形成する方法がある。しかしながら、この複合圧電体 3 0 の形成においては、切削加工時の不良が問題となっている。すなわち、一般的に固溶系圧電単結晶 3 2 は破壊靱性が低く脆いため、図 5 (a) に示す溝 3 8 をアレイ状に形成す

る切削加工時において、図 5 (b) に示すようなチッピングが発生する問題がある。このチッピングは、特性の劣化や素子へのクラックにより不良を引き起こしてしまう。

## 【 0 0 0 9 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の目的は、上記課題を解決するためになされたものであり、固溶系圧電単結晶と樹脂との複合圧電体を用いて、切断時の加工不良が生じない一次元及び二次元アレイ超音波プローブ及び当該超音波プローブの製造方法を提供することにある。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、以下の特徴を具備するものである。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 1 記載の発明は、少なくともチタン酸鉛を含む固溶系単結晶により形成された圧電体と、前記圧電体の上面に形成され当該圧電体よりも音響インピーダンスが小さな上面樹脂層、若しくは、前記圧電体の下面に形成され当該圧電体よりも音響インピーダンスが小さな下面樹脂層の少なくとも一方と、から成る 1 - 3 型若しくは 2 - 2 型複合圧電体により形成された超音波振動素子であって、前記上面樹脂層若しくは前記下面樹脂層の少なくとも一方は、良好な切削性且つ導電性を備え、電極として機能する超音波振動素子を具備することを特徴とする超音波プローブである。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 に記載の超音波プローブにおいて、前記上面樹脂層若しくは前記下面樹脂層の少なくとも一方は、 $2 \times 10^6 \text{ g/m}^2 \text{ s}$  乃至  $10 \times 10^6 \text{ g/m}^2 \text{ s}$  の音響インピーダンスを有し音響整合層としての機能することを特徴とするものである。

## 【 0 0 1 3 】

請求項 3 記載の発明は、少なくともチタン酸鉛を含む固溶系単結晶により形成され、二次元的に配列された複数の圧電体と、前記複数の圧電体のそれぞれの上



面に形成され、前記圧電体よりも音響インピーダンスが小さな複数の上面樹脂層と、前記複数の圧電体の下面に一体として形成され当該圧電体よりも音響インピーダンスが小さな下面樹脂層と、から成る 1-3 型若しくは 2-2 型複合圧電体により形成された超音波振動素子を具備することを特徴とする超音波プローブである。

## 【0014】

請求項 4 記載の発明は、少なくともチタン酸鉛を含む固溶系圧電単結晶を形成する第 1 のステップと、圧電単結晶の上下面の少なくとも一方に前記固溶系圧電単結晶よりも音響インピーダンスが小さな樹脂層を形成する第 2 のステップと、圧電単結晶と前記の樹脂層とを切り込み複数の溝を形成する第 3 のステップと、前記複数の溝へ樹脂を充填する第 4 のステップとを具備することを特徴とする超音波プローブ製造方法である。

## 【0015】

請求項 5 記載の発明は、請求項 4 記載の超音波プローブ製造方法であって、前記第 2 のステップにおいて、前記複数の溝は格子状に形成することを特徴とするものである。

## 【0016】

請求項 6 記載の発明は、請求項 5 記載の超音波プローブ製造方法前記超音波プローブ製造方法は、前記樹脂層を研磨して取り除く第 5 のステップを具備することを特徴とするものである。

## 【0017】

以上述べた構成を有する本発明によれば、切断時の加工不良が生じない超音波プローブを製造することができる。その結果、高感度、広帯域特性を有する超音波プローブが実現できる。

## 【0018】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第 1 の実施形態～第 3 の実施形態を図面に従って説明する。

## 【0019】

(第 1 の実施形態)

図1は、第1実施形態に係る超音波プローブ10の概略構成を示している。

【0020】

図1において、超音波プローブ10は、複合圧電体（1-3型）11、音響整合層17、音響レンズ19、共通電極板21、フレキシブル配線基板23、パッキング材25を具備する構成となっている。

【0021】

複合圧電体（1-3型）11は、単結晶圧電体111と上側PVC樹脂層113と下側PVC樹脂層115とを有している。すなわち、複合圧電体（1-3型）11は、単結晶圧電セラミックスの一次元的な細棒が3次元的な高分子であるPVC樹脂マトリクスの中に埋め込まれた圧電体であり、高い電気機械結合係数と低い音響インピーダンスを有している。複合圧電体11の上下両面には、圧電気直接効果及び圧電気逆効果による電気信号を送受信するための図示していない電極が、後述する方法により形成されている。

【0022】

単結晶圧電体111は、亜鉛ニオブ酸鉛（PZN）、チタン酸鉛（PT）等を含む固溶系単結晶圧電セラミックスであり、後述する方法により作成される。

【0023】

上側PVC樹脂層113は、圧電体111の超音波照射側（以下、上側）に銀入りPVC樹脂を塗布することにより形成された層であり、導電性、良好な切削性、単結晶圧電体に比して小さい音響インピーダンス（例えば、 $2 \times 10^6 \text{ g/m}^2 \text{ s}$ 乃至 $10 \times 10^6 \text{ g/m}^2 \text{ s}$ 程度）を有している。

【0024】

下側PVC樹脂層115は、単結晶圧電体111の上側と反対側（以下、下側）に銀入りPVC樹脂を塗布することにより形成された層であり、導電性、良好な切削性、単結晶圧電体に比して小さい音響インピーダンスを有している。下側PVC樹脂層115と上側PVC樹脂層113は、単結晶圧電体111のチッピングやクラック発生を防止する役割を果たしている。この下側PVC樹脂層115と上側PVC樹脂層113の形成方法については、後で詳しく説明する。

【0025】

音響整合層 1 7 は、図示していない被検体と複合圧電体 1 1 との間に位置するように設けられており、単層或いは多層から成っている。当該整合層 1 7 における音速、厚み、音響インピーダンス等のパラメータを調節することで、被検体と複合圧電体 1 1 との音響インピーダンスの整合を図ることができる。

## 【 0 0 2 6 】

音響レンズ 1 9 は、音響インピーダンスが生体に近いシリコンゴム等から成るレンズであり、音波の屈折を利用して超音波ビームを集束させ分解能を向上させる。

## 【 0 0 2 7 】

共通電極板 2 1 は、上側 P V C 樹脂層 1 1 3 の一端に設けられている。共通電極板 2 1 は、複合圧電体 1 1 上面に形成された図示していない電極に電力の印加等するための電極であり、アース接続されている。

## 【 0 0 2 8 】

フレキシブル配線基板 2 3 は、下側 P V C 樹脂層 1 5 の一端に設けられており、各複合圧電体 1 1 に電力を印加するための柔軟性を備えた電極基板である。

## 【 0 0 2 9 】

バックング材 2 5 は、フレキシブル配線基板 2 3 の背面に設けられており、複合圧電体 1 1 を機械的に支持する。また、バックング材 2 0 は、超音波パルスを短くするために、複合圧電体 1 1 を制動している。このバックング材 2 0 の厚さは、トランスデューサの音響的特性を良好に保つため、使用する超音波周波数の波長に対して十分な厚さ（十分減衰される厚さ）に保たれている。

## 【 0 0 3 0 】

次に、第 1 実施形態に係る超音波プローブ 1 0 に使用される 1 - 3 型複合圧電体 1 1 の製造方法について説明する。本製造方法は、単結晶圧電体 1 1 1 の作成（第 1 ステップ）、上下 P V C 樹脂層の形成（第 2 ステップ）、P V C 樹脂層 1 3、1 5 のダイシング（第 3 ステップ）、樹脂充填（第 4 ステップ）、P V C 樹脂層 1 3、1 5 の研磨（第 5 ステップ）の 5 つの大きなステップに分けることができる。

## 【 0 0 3 1 】

まず、第1ステップの複合圧電体11の形成について説明する。

【0032】

亜鉛ニオブ酸鉛（PZN）とチタン酸鉛（PT）とが91：9のモル比をPbフラックスとともに白金容器に入れ昇温して溶解した後、室温まで冷却し固溶系単結晶を育成する。その後、ラウエカメラを用いて前記単結晶の<001>軸方位を出し、この軸に垂直にカッターで切断する。そして、厚さ300 $\mu$ mに研磨後、スパッタ法によりTi/Au電極を両面に形成することで単結晶圧電体11を作成することができる。

【0033】

次に、第2ステップの上下PVC樹脂層13、15の形成について説明する。

【0034】

第1ステップにおいて形成された圧電体11をガラス板へ仮留めし、周りをカプトンテープにてマスキングした後、導電性の銀入りPVC樹脂を塗布して300 $\mu$ mに平面研磨機にて研磨し切削性良好な上側PVC樹脂層13を形成する。同様に、圧電体11の裏面側も300 $\mu$ mの切削性良好な下側PVC樹脂層15を形成する。なお、上側PVC樹脂層13と下側PVC樹脂層15の形成順序は、逆であっても構わない。

【0035】

次に、第3ステップの上側PVC樹脂層13と下側PVC樹脂層15のダイシング、第4ステップの樹脂充填について説明する。

【0036】

第2ステップにおいて形成された銀入りPVC樹脂の層3、4によってサンドイッチされた圧電体11を、ダイシングソーで50 $\mu$ m厚のブレードにより200 $\mu$ mピッチで深さ800 $\mu$ m（100 $\mu$ mの切り残し）の溝をアレイ状に入れ、エポキシ樹脂12を切断溝に充填して硬化させる。同様に、先の切断溝に対し直角に同様の切断溝を形成してエポキシ樹脂12を充填し硬化させる。

【0037】

次に、第5ステップの上下PVC樹脂層13、15の研磨について説明する。

【0038】

その後、切り残し側を下面としてガラス板へ仮留めし、反対側の層を平面研磨機にて $150\mu\text{m}$ に研磨する。更に切り残し側を上面として同様に $150\mu\text{m}$ に研磨する。そして、スパッタリングにより両面にTi/Au電極を形成することで、切削等によるチッピングやクラックの少ない1-3型複合圧電体11を形成することができる。

#### 【0039】

最後に、上記製造方法により形成された1-3型複合圧電体11へ、 $1\text{KV/mm}$ の電界を印加して分極処理を施す。

#### 【0040】

なお、上記複合圧電体製造方法は、その本質を変えない範囲で種々変形可能である。例えば、1-3型複合圧電体11を例として説明したが、本発明は、第2の実施形態で説明するように2-2型複合圧電体についても適用可能である。また、最初からマトリクス状にカットして、その後樹脂を充填しても良い。さらに、本実施例のようにエポキシ樹脂を2段階に分けて充填する場合は、その種類を変えても良い。

#### 【0041】

次に、上記製造方法によって製造された1-3型複合圧電体を用いて、一次元アレイ型超音波プローブ10を製造する方法の例を、図2に従って説明する。

#### 【0042】

図2は、本実施形態に係る超音波プローブ10の断面を示す図である。

#### 【0043】

まず、複合圧電体11の上側PVC樹脂層113に共通電極板21を、下側PVC樹脂層115にフレキシブル配線基板23を、導電ペーストとを用いて接続し、超音波放射面側に第二の音響整合層17を形成する。その後、バックング材25とフレキシブル配線基板23とをエポキシ樹脂で接着する。

#### 【0044】

次に、ダイシングソーにより厚さ $50\mu\text{m}$ のブレードで、アレイ方向に $200\mu\text{m}$ ピッチで切断する。その溝にシリコン系の接着剤を充填し、音響レンズ19を接着する。

## 【0045】

そして、静電容量  $110 \text{ pF/m}$ 、長さ  $2 \text{ m}$  の同軸ケーブルを前記フレキシブル配線基板 23 に接続することで、1次元アレイ型超音波プローブ 10 を製造することができる。

## 【0046】

次に、上記製造方法によって製造された超音波プローブによる作用について説明する。

## 【0047】

超音波プローブ 10 は、1-3 型複合圧電体 11 は、上側 PVC 樹脂層 113 と下側 PVC 樹脂層 115 とで単結晶圧電体 111 を挟んでいるので、アレイ状の溝を形成する際においてもチップングの発生を防止することができる。

## 【0048】

また、上側 PVC 樹脂層 113 と下側 PVC 樹脂層 115 とは、単結晶圧電体 111 に比して小さい音響インピーダンス、導電性、良好な切削性を有しているので、単結晶圧電体 111 に関する電気信号を送受信する電極、若しくは、音響整合層とすることが可能である。

## 【0049】

なお、第 1 ～ 第 4 ステップによってアレイ状の溝形成、エポキシ樹脂 12 を充填した後、すなわちチップング発生の恐れがなくなった後、第 5 ステップにおいて上側 PVC 樹脂層 113 と下側 PVC 樹脂層 115 の少なくとも一方を全て研磨し、新たに電極或いは音響整合層を設ける構成であってもよい。

## 【0050】

従って、このような構成によれば、本発明に係わる切削性良好な層を固溶系圧電単結晶の上下面の少なくとも一方へ設けることで、切断時の加工不良を削減し高感度、広帯域な超音波プローブを容易に製造することができる。

## 【0051】

## (第 2 実施形態)

第 1 の実施形態では、1-3 型の複合圧電体 11 の製造方法、及び当該圧電素子を使用した超音波プローブ 10 の製造方法について説明を行った。これに対し

、第 2 の実施形態では、2 - 2 型の複合圧電体の製造方法、及び当該 2 - 2 型複合圧電体を使用した超音波プローブの製造方法について説明を行う。

【 0 0 5 2 】

なお、2 - 2 型複合圧電体を使用した超音波プローブの外観は、図 2 に示した 1 - 3 型複合圧電体を使用した超音波プローブ 1 0 と同様であるから、同図を援用するものとし、既に説明した構成要素についての説明は省略する。また、第 1 の実施形態で述べた製造方法と重複する部分はその説明を省略し、異なる部分のみ説明する。

【 0 0 5 3 】

第 2 の実施形態に係る 2 - 2 型複合圧電体の製造方法は、第 1 ステップ、第 2 ステップについては第 1 の実施形態と同様である。

【 0 0 5 4 】

第 3 ステップの上側 P V C 樹脂層 1 1 3 と下側 P V C 樹脂層 1 1 5 のダイシング、第 4 ステップの樹脂充填について説明する。

【 0 0 5 5 】

第 2 ステップにおいて形成された銀入り P V C 樹脂の層 3、4 によってサンドイッチされた圧電体 1 1 を、ダイシングソーで  $50\mu\text{m}$  厚のブレードにより  $200\mu\text{m}$  ピッチで深さ  $800\mu\text{m}$  ( $100\mu\text{m}$  の切り残し) の溝をアレイ方向と垂直に入れた後、エポキシ樹脂 1 2 を切断溝に充填して硬化させる。

【 0 0 5 6 】

次に、第 5 ステップの上下 P V C 樹脂層 1 3、1 5 の研磨について説明する。

【 0 0 5 7 】

その後、切り残し側を下面としてガラス板へ仮留めし、反対側の層を平面研磨機にて  $150\mu\text{m}$  に研磨する。更に切り残し側を上面として同様に  $150\mu\text{m}$  に研磨する。そして、スパッタリングにより両面に T i / A u 電極を形成することで、切削等によるチッピングやクラックの少ない 2 - 2 型複合圧電体 1 1 を形成することができる。

【 0 0 5 8 】

最後に、上記製造方法により形成された 2 - 2 型複合圧電体 1 1 へ、1 K V /

mmの電界を印加して分極処理を施す。

【0059】

次に、上記製造方法によって製造された2-2型複合圧電体を用いて、一次元アレイ型超音波プローブ10を製造する方法の例を説明する。

【0060】

まず、複合圧電体11の上側PVC樹脂層113に共通電極板21を、下側PVC樹脂層115にフレキシブル配線基板23を、導電ペーストとを用いて接続し、超音波放射面側に第二の音響整合層19を形成する。その後バッキング材25にエポキシ樹脂で接着する。

【0061】

次にダイシングソーにより厚さ50 $\mu$ mのブレードで、アレイ方向に200 $\mu$ mピッチで切断した。その溝にシリコン系の接着剤を充填し、音響レンズ6を接着する。

【0062】

そして、静電容量110pF/m、長さ2mの同軸ケーブルを前記フレキシブル配線基板23に接続して一次元アレイ型超音波プローブ10を製造することができる。

【0063】

上記方法によって製造された2-2型複合圧電体を有する超音波プローブによれば、第1の実施形態で説明した1-3型複合圧電体を有する超音波プローブと同様の作用・効果を得ることができる。

【0064】

(第3実施形態)

第3の実施形態では、1-3型の複合圧電体11を使用して、超音波振動素子が2次元状配列（例えば、マトリックス状に配列）された2次元アレイ型超音波プローブを製造する方法について説明する。

【0065】

図3は、第3の実施形態に係る2次元アレイ型超音波プローブ30の横断面図である。



## 【0066】

なお、図2で既に説明した構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。また、第1、第2の実施形態で述べた製造方法と重複する部分はその説明を省略し、異なる部分のみ説明する。

## 【0067】

第3の実施形態に係る1-3型複合圧電体11の製造方法は、第1ステップ、第2ステップについては第1の実施形態と同様である。

## 【0068】

次に、第3ステップの上側PVC樹脂層13と下側PVC樹脂層15のダイシング、第4ステップの樹脂充填について説明する。

## 【0069】

第2ステップにおいて形成された銀入りPVC樹脂の層3、4によってサンドイッチされた圧電体11を、ダイシングソーで50 $\mu$ m厚のブレードにより200 $\mu$ mピッチで深さ700 $\mu$ m（100 $\mu$ mの切り残し）の溝をアレイ状に入れ、エポキシ樹脂12を切断溝に充填して硬化させる。同様に、先の切断溝に対して直角に同様の切断溝を形成してエポキシ樹脂12を充填し硬化させる。

## 【0070】

次に、第5ステップの上下PVC樹脂層13、15の研磨について説明する。

## 【0071】

その後、切り残し側を下面としてガラス板へ仮留めし、反対側の層を平面研磨機にて150 $\mu$ mに研磨する。更に切り残し側を上面として同様に150 $\mu$ mに研磨する。すなわち研磨後も切り残し側の下面PVC樹脂層113は切断されていない状態となっている。

## 【0072】

そして、スパッタリングにより両面にTi/Au電極を形成することで、切削等によるチッピングやクラックの少ない、2次元状配列を有する1-3型複合圧電体11を形成することができる。

## 【0073】

次に、上記製造方法によって製造された2次元配列の複合圧電体を用いて、2

次元アレイ型超音波プローブ30を製造する方法の例を説明する。

【0074】

まず、切り残し側の上面PVC樹脂層113へ共通電極板21を接合し、その反対の面へ2次元的な信号配線を施したフレキシブル配線基板8を全面で接合する。超音波放射面側に第二の音響整合層19を形成した後、バックング材25にエポキシ樹脂で接着した。これにシリコン系の音響レンズ19を接着した。FPCの信号側を一括して、信号側とGND側との間に1KV/mmの電圧を印加し、分極処理を施した。

【0075】

これに、静電容量110pF/m、長さ2mの同軸ケーブルを前記フレキシブル配線基板8に接続して、2次元アレイ型超音波プローブ30を製造することができる。

【0076】

なお、上記説明においては、1-3型複合圧電体を使用した2次元アレイ型超音波プローブ30を説明したが、本発明は2-2型複合圧電体について適用可能である。

【0077】

従って、第3の実施形態に係る、1-3型複合圧電体を有する2次元アレイ型超音波プローブ30は、第1、第2の実施形態で説明した1次元アレイ型超音波プローブと同様の作用・効果を得ることができる。

【0078】

以上、本発明を第1の実施形態～第3の実施形態に基いて説明したが、上記実施形態に限定されるものではなく、例えば以下に示すように、その要旨を変更しない範囲で種々変形可能である。

【0079】

上記本発明を第1の実施形態～第3の実施形態においては、単結晶圧電体111の上下面にPVC樹脂層を形成してチップング発生を防止し、さらに及び電極或いは音響整合層の機能を持たせる構成により、好感度広帯域の超音波プローブを実現した。しかし、PVC樹脂層の形成を単結晶圧電体111の片面のみとし

ても、チップング発生防止、電極或いは音響整合層の役割を果たすることは可能である。

【 0 0 8 0 】

【発明の効果】

以上本発明によれば、切断時の加工不良が生じない超音波プローブを製造することができる。その結果、高感度、広帯域特性を有する超音波プローブが実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は、第 1、第 2 の実施形態に係る超音波プローブ 1 0 の概略構成を示す斜視図。

【図 2】

図 2 は、第 1、第 2 の実施形態に係る超音波プローブ 1 0 の断面を示す図。

【図 3】

図 3 は、第 3 の実施形態に係る超音波プローブ 3 0 の断面を示す図。

【図 4】

従来の複合圧電体 3 0 の断面を示す図。

【図 5】

従来の複合圧電体 3 0 の製造過程において発生するチップング及びクラックを説明するための図。

【符号の説明】

1 0 …一次元アレイ型超音波プローブ

1 1 …複合圧電体

1 2 …エポキシ樹脂

1 3 …PVC樹脂層

1 5 …PVC樹脂層

1 7 …音響整合層

1 9 …音響レンズ

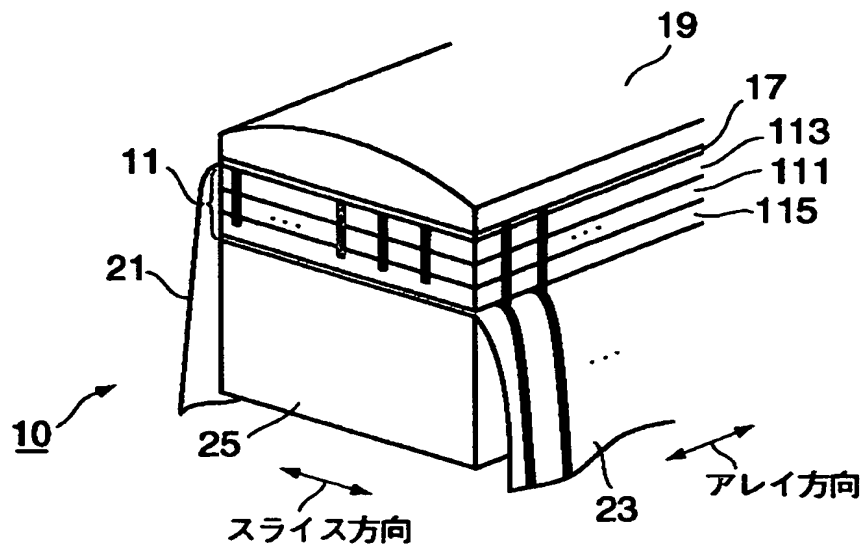
2 0 …バックング材

- 2 1 … 共通電極板
- 2 3 … フレキシブル配線基板
- 2 5 … バッキング材
- 3 0 … 次元アレイ型超音波プローブ
- 3 0 … 超音波プローブ
- 1 1 1 … 単結晶圧電体
- 1 1 3 … P V C 樹脂層
- 1 1 5 … P V C 樹脂層

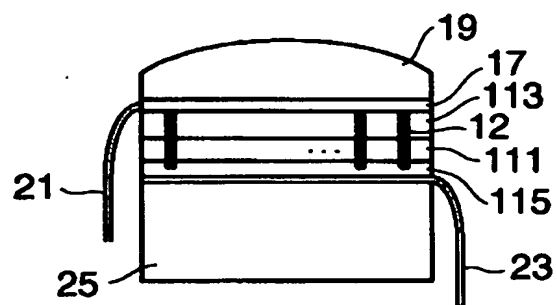
【書類名】

図面

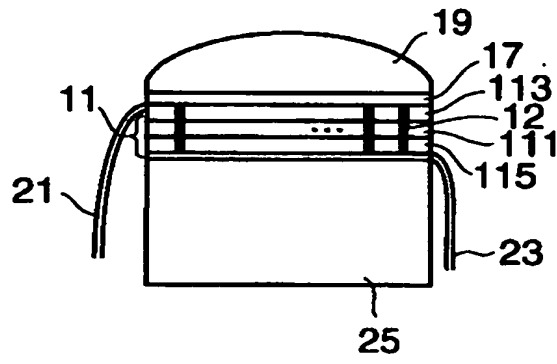
【図 1】



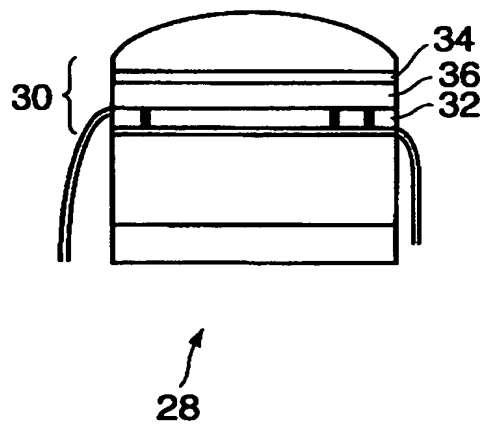
【図 2】



【図 3】

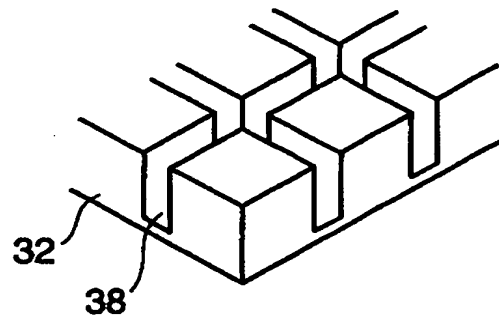


【図 4】

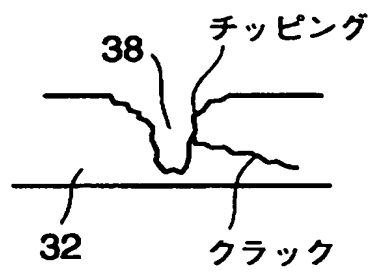


【図 5】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 超音波プローブの高感度・広域化の実現。

【解決手段】 少なくともチタン酸鉛を含む固溶系単結晶により形成された圧電体を当該圧電体よりも音響インピーダンスが小さく導電性を有する樹脂層で挟むことで、切断時の加工不良の発生を防止し、樹脂層を音響整合層或いは電極として使用可能であることを特徴とする超音波プローブ。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

氏 名 株式会社東芝